УДК 628.16

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В МЕСТАХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ ОДНИМ ВХОДНЫМ И ДВУМЯ ВЫХОДНЫМИ КАНАЛАМИ НА ОСНОВЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА

♦♦♦♦♦

A DEVICE FOR CLEANING PETROLEUM PRODUCTS IN PLACES OF ENVIRONMENTAL DISASTERS WITH RECTILINEAR ONE INLET AND TWO OUTLET CHANNELS BASED ON THE ARCHIMEDES SPIRAL

Терехов В.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чумак П.В.
кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
chumak1987@mail.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Терехов В.В.
студент,
Кубанский государственный технологический университет
mitya.ivanov.2015@gmail.ru

Аннотация. В статье авторами исследуется применение устройства для очистки нефтепродуктов в местах экологических катастроф с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами на основе спирали Архимеда. Проведенный анализ показал, что число техногенные катастрофы с каждым годом будет только увеличиваться – к этому надо готовиться, уметь противостоять и оперативно ликвидировать их последствия. Описывается метод очистки жидкости предложенный и разработанный авторами. Предлагается новая технология очистки путем разделения жидкостей (эмульсий) по плотности за счет центробежной силы, а именно, к устройствам для очистки нефти и нефтепродуктов от твердых частиц и жидкостей, плотность которых больше плотности нефтепродуктов.

Ключевые слова: очистка нефтепродуктов, технологии очистки, твердые частицы и примеси, спираль Архимеда, спиралеобразный канал, центробежная сила, осаждающая сила, устройство для очистки нефтепродуктов.

Terekhov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Chumak P.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State Technological University
chumak1987@mail.ru

Savitskiy Y.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Terekhov V.V.
Student,
Kuban State Technological University
mitya.ivanov.2015@gmail.ru

Annotation. In the article, the authors investigate the use of a device for cleaning petroleum products in places of environmental disasters with rectilinear one inlet and two outlet channels based on the Archimedes spiral. The analysis showed that the number of man-made disasters will only increase every year – we must prepare for this, be able to resist and promptly eliminate their consequences. The method of liquid purification proposed and developed by the authors.

Keywords: purification of petroleum products, purification technologies, solid particles and impurities, Archimedes spiral, spiral channel, centrifugal force, precipitating force, device for purification of petroleum products.

В настоящее время стали не редкостью аварии на нефтепроводах, разливы нефтепродуктов при их транспортировке и перекачке. Так, например, в октябре 2024 года разлив нефти в море под Туапсе: Черное море у берегов Туапсинского района вновь оказалось загрязнено, на участке между Гизель-Дере и Южным обнаружено масляное пятно, природа которого пока не установлена (см. рис. 1). Ситуация с загрязнением сложная, так как состав нефтепродуктов нестандартен, что затрудняет оперативное определение источника.



Рисунок 1

В Ненецком автономном округе расследуют аварии на нефтепроводах. В июне и июле 2024 года в тундре были зафиксированы два разлива нефтесодержащей жидкости. В обоих случаях информация в надзорные органы о них поступила не от нефтекомпании, а от местных жителей (см. рис. 2). В середине июня нефть обнаружили в реке Лука-Шор возле Харьягинского месторождения. Площадь загрязненной территории составила около трехсот квадратных метров. По данным администрации НАО, причиной ЧП стала разгерметизация нефтесборного коллектора. Эксперты считают, что нефть могла скапливаться в тундре под слоем снега.



Рисунок 2

В Якутии в Ленском районе на месторождении «Сургутнефтегаза» – разлив нефтепродуктов в мае 2024 года (см. рис. 3). По мнению специалистов, число техногенных катастроф с каждым годом будет только возрастать – к этому надо готовиться, уметь противостоять и оперативно ликвидировать их последствия.



Рисунок 3

Последствия разливов нефти многолики: пагубное влияние самой нефти на растения и животных, вред от использования токсичных веществ для устранения разлива, загрязнение питьевой воды и воздуха, финансовые убытки населения, чей доход зависит от рыболовства, разрушение культуры местных сообществ, пляжей и даже увеличение риска погодных аномалий, таких как ураганы и тайфуны.

Для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов существует 4 основных метода очистки:

– **Механический способ** (отстаивание; центробежное удаление загрязняющих воду примесей; фильтрация). При отстаивании частицы более плотные, чем вода, оседают на дно и, соответственно, те из них, чья плотность ниже плотности воды, остаются на ней верхним слоем. Сооружения, в которых осуществляется данная манипуляция, представляют собой, по сути, резервуары, а называют их отстойниками. Чаще всего на крупных нефтеперерабатывающих предприятиях используют статические отстойники, в которых за 6 часов отстаивания можно отделить до 95 % легко отделимых и некоторую незначительную часть трудноотделимых загрязняющих частиц от воды.

– **Химический способ** (добавление в очищаемые сточные воды специально разработанных химических реагентах. Зачастую такие химические вещества вызывают выпадение примесей в виде осадков).

– **Физико-химический способ** (применение процессов коагуляции, флотации, сорбции.). Принцип действия метода основан на ускоренном превращении загрязняющих мелкодисперсных и эмульгированных частиц в более крупные образования, способные выпасть в осадок. Для осуществления данного процесса используют специальные химические реагенты – коагулянты, превращающиеся в воде хлопья, которые притягивают к себе частицы нефтепродуктов и вместе с ними оседают на дно.

– **Биологический способ** (использование для очистки различных микроорганизмов к расщеплению и усвоению вредоносных примесей). Некоторые микроорганизмы используют непосредственно саму нефть и производные от нее нефтепродукты в процессе своей жизнедеятельности в качестве основного источника питания. Переработанные микроорганизмами нефтепродукты окисляются, разлагаясь на несколько безопасных для человека и окружающей среды веществ: воду: углекислый газ; соли нитратов; соли сульфатов; прочие соединения.

Самый распространённый метод – механический – представляет собой обычный сбор разлитой нефти с поверхности почвы или воды.

Механический метод включает в себя:

– отстаивание;
– центрифугирование;
– фильтрация.

Все устройства и приспособления, применяемые при механическом методе очистки разливов нефтепродуктов имеют ряд недостатков:

– имеют большой вес и габариты, что не удобно при сборе нефтепродуктов на воде;
– очистка занимает длительное время, из-за применения отстаивания;
– имеет большую себе стоимость и дорого в обслуживании.

Проведя анализ вышеизложенного, учитывая все недостатки и достоинства современных технологий очистки нефтепродуктов в местах экологических катастроф. Назревает задача по необходимость разработки новых инновационных устройств и применения новых технологий очистки.

Сформулируем требования к разрабатываемому устройству для очистки нефтепродуктов:

– сокращение времени на механическую очистку в местах экологических катастроф;
– уменьшение расходов на обслуживание;
– минимальный вес и габариты устройства очистки, обеспечивающие высокую мобильность;
– отсутствие движущихся частей;
– полная герметичность устройства, обеспечивающая его пожаробезопасность;
– простота и надежность в эксплуатации;
– высокая ремонтопригодность;
– минимальная стоимость изготовления и эксплуатации.

Разработанное авторами устройство для очистки относится к устройствам разделения жидкостей (эмульсий) по плотности за счет центробежной силы, а именно, к устройствам для очистки нефти и нефтепродуктов от твердых частиц и жидкостей, плотность которых больше плотности нефтепродуктов. Техническое решение может быть использовано для очистки нефти и нефтепродуктов при их транспортировке, перекачке на нефтебазах, складах и заправках.

Для уменьшения гидравлического сопротивления устройство имеет прямолинейные вход и выходы таким образом, что поток жидкости при входе и выходе из каналов не меняет свое направление. Для поддержания давления жидкости по всей длине канала общее сечение канала на входе и выходе остается постоянным,

$$S_{общ.\ вх.} = S_{общ.\ вых.} = \text{const},$$

$$S_{общ.\ вх.} = S_{осн.\ кан.} + S_{1\ кан.} = \text{const},$$

где $S_{общ.\ вх.}$ – общая площади поперечного сечения входного канала; $S_{общ.\ вых.}$ – общая площади поперечного сечения выходного канала; $S_{осн.\ кан.}$ – площади поперечного сечения основного канала; $S_{1\ кан.}$ – площадь поперечного сечения канала для отвода примесей.

При этом для повышения качества очистки, разделения и отвода примесей, щель между основным каналом и каналом для отвода примесей заканчивается за 3/4 витка до выходных патрубков.

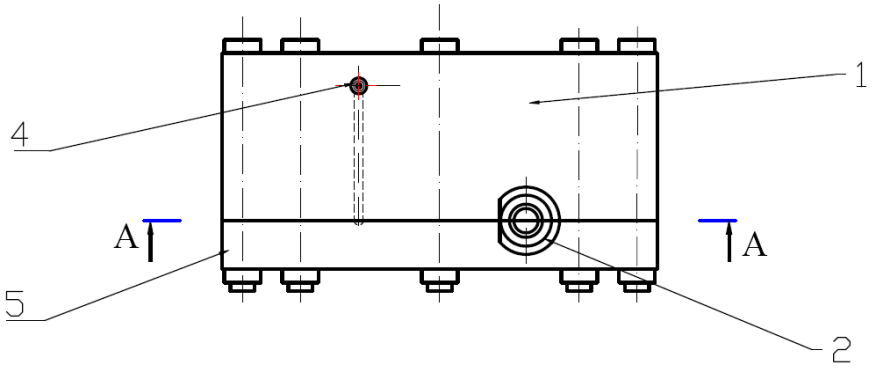

Рисунок 4 – Вид спереди устройства для очистки нефтепродуктов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами

Состав разработанного авторами устройства для очистки нефтепродуктов представлен на фигурах 1, 2, 3, 4 и обозначен позициями 1–7.

Позиция 1 – корпус устройства для очистки ГСМ с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами;

- позиция 2 – входной патрубок;
- позиция 3 – выходной патрубок;
- позиция 4 – выходной патрубок для отвода примесей;
- позиция 5 – крышка устройства для очистки;
- позиция 6 – внешний канал для отвода примесей;
- позиция 7 – основной канал устройства.

Устройство для очистки нефтепродуктов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами состоит из корпуса (1) и крышки (5) (см. рис. 4). На корпусе (1) расположены выходной патрубок (3) и патрубок для отвода примесей (4) (см. рис. 5). Входной патрубок (2) (см. рис. 4) расположен в месте соединения крышки (5) и корпуса (1) (см. рис. 4). К входному патрубку (2), выходному патрубку (3) и патрубку для отвода примесей (4) (см. рис. 4, 5) подключены прямолинейно каналы, таким образом, что поток жидкости при входе и выходе из каналов не меняет свое направление. Спиралеобразный основной канал (7) (см. рис. 7) имеет круглое поперечное сечение и выводится в выходной патрубок (3) (см. рис. 6, 7), по внешней образующей основного канала (7) (см. рис. 7) выполнена внешняя щель для отвода примесей (см. рис. 7, не показана) соединяющаяся по всей длине с внешним каналом отвода примесей (6) (см. рис. 7) имеющий круглое поперечное сечение и выводится в выходной патрубок для отвода примесей (4) (см. рис. 6, 7).

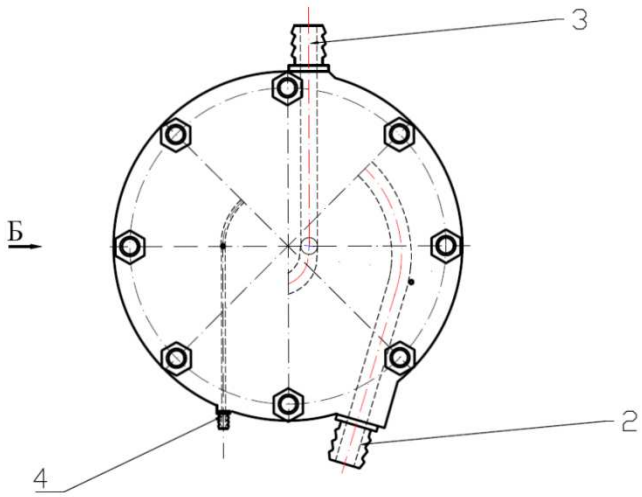

Рисунок 5 – Вид сверху устройства для очистки нефтепродуктов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами

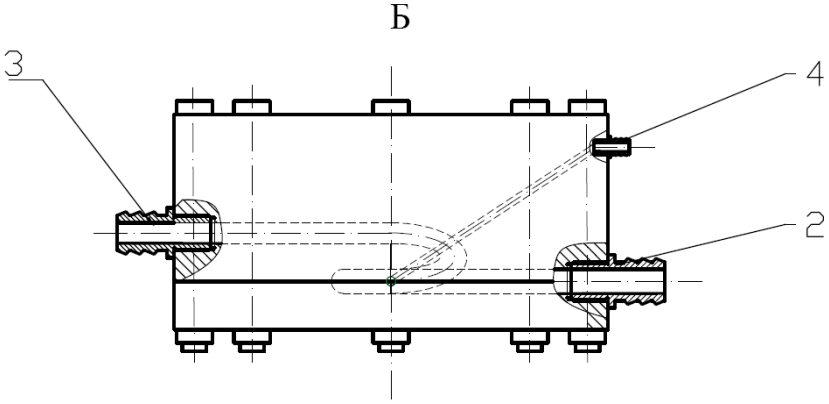

Рисунок 6 – Вид сбоку (Б) разработанного устройства

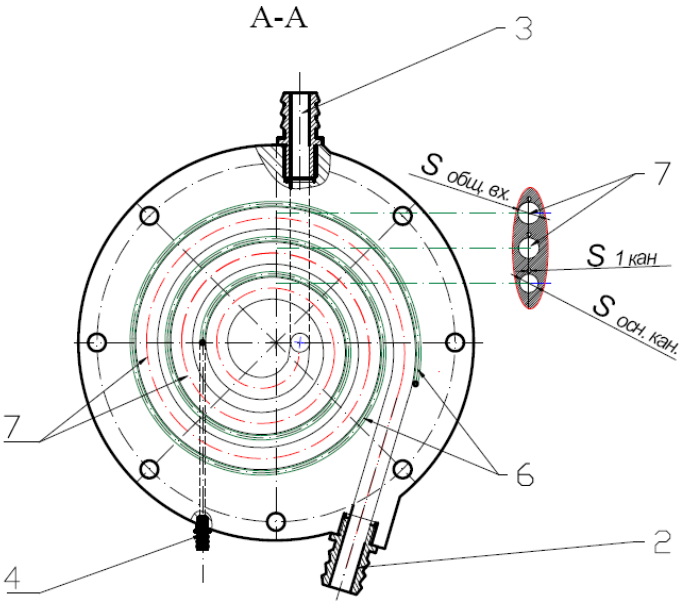

Рисунок 7 – Разрез устройства (А-А)

Устройство для очистки нефтепродуктов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами работает следующим образом. Загрязненная жидкость (нефтепродукты) под давлением подается во входной патрубок (2) (см. рис. 4, 5) и далее поступает в спиралеобразный проточный основной канал (7) (см. рис. 7), при этом жидкость проходит по прямолинейной траектории не меняя своего направления с ми-

нимальным гидравлическим сопротивлением. Поскольку основной канал (7) имеет криволинейную форму, на жидкость и взвешенные в ней частицы примеси действуют центробежные силы. Под действием этих сил происходит распределение по плотности частиц жидкости и примесей в поперечном сечении основного канала (7) (см. рис. 7). Частицы примесей жидкости, имеющие плотность, больше плотности основного потока нефтепродуктов, вытесняются к внешней стороне спиралеобразного основного канала (7) (см. рис. 7). Такие частицы примесей, достигнув стенки канала (7) с внешней стороны спирали, через щель попадают во внешний канал (6) (см. рис. 7) отвода примесей и далее через выходной патрубок отвода примесей (4) (см. рис. 7) в технологическую емкость (не показан) патрубок канала для отвода примесей выполнен прямолинейно жидкость протекает не меняя своего направления с минимальным гидравлическим сопротивлением. При этом для поддержания давления жидкости по всей длине основного канала общая суммарная площадь сечения должна оставаться постоянной, для этого величину сечения основного канала уменьшают на величину сечения канала для отвода примесей, после его начала

$$S_{общ.\ вх.} = S_{общ.\ вых.} = \text{const},\ S_{общ.\ вх.} = S_{осн.\ кан.} + S_{1\ кан.} = \text{const},$$

где $S_{общ.\ вх.}$ – общая площади поперечного сечения входного канала; $S_{общ.\ вых.}$ – общая площади поперечного сечения выходного канала; $S_{осн.\ кан.}$ – площади поперечного сечения основного канала; $S_{1\ кан.}$ – площадь поперечного сечения канала для отвода примесей.

Очищенная жидкость (нефтепродукты) пройдя спиралеобразный основной проточный канал (7) попадает на выходной патрубок (3) (см. рис. 6, 7) который соединяется с емкостью для сбора очищенных нефтепродуктов (не показано), он выполнен прямолинейно жидкость протекает не меняя своего направления с минимальным гидравлическим сопротивлением. Для повышения качества очистки, разделения и отвода примесей, щель между основным каналом и каналом для отвода примесей должна заканчиваться за 3/4 витка до выходных патрубков.

Таким образом, разработанное авторами устройство для очистки нефтепродуктов не содержит движущихся частей, содержит уплотнительные элементы и полностью герметично. Это обеспечивает высокую надежность устройства в эксплуатации.

Применение устройства для очистки нефтепродуктов в местах экологических катастроф с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами на основе спирали Архимеда позволит:

– сократить время на механическую очистку в местах экологических катастроф;
– уменьшить расходы на обслуживание;
– уменьшить вес и габариты устройства очистки, обеспечивающие высокую мобильность.

Достоинства разработанного устройства для очистки нефтепродуктов:

– отсутствие движущихся частей;
– полная герметичность устройства, обеспечивающая его пожаробезопасность;
– простота и надежность в эксплуатации;
– высокая ремонтопригодность;
– минимальная стоимость изготовления и эксплуатации.

Литература

1. Сепаратор очистки жидкости центробежный с кольцевыми каналами. Терехов В.В., Черный Р.Р., Савицкий Ю.А., Чумак П.В., Косой В.А. Патент на полезную модель 204736 U1, 08.06.2021. Заявка № 2021102923 от 08.02.2021.

2. Устройство очистки жидкости. Чумак П.В., Терехов В.В., Черный Р.Р. Патент на полезную модель RU 161442 U1, 20.04.2016. Заявка № 2015147679/05 от 05.11.2015.

3. Сепаратор очистки жидкости центробежный. Терехов В.В., Черный Р.Р., Пережогин Л.А. Патент на изобретение RU 2484877 C1, 20.06.2013. Заявка № 2012109098/05 от 11.03.2012.

4. Устройство очистки жидкости. Черный Р.Р., Терехов В.В., Рябухин М.И. Патент на полезную модель RU 116781 U1, 10.06.2012. Заявка № 2012101719/05 от 18.01.2012.

5. Устройство для очистки жидкости. Докучаев В.Г., Рябухин М.И., Терехов В.В. Патент на изобретение RU 2404839 C1, 27.11.2010. Заявка № 2009121486/05 от 08.06.2009.

6. Докучаев В.Г., Терехов В.В. Методика численного моделирования турбулентного течения в осесимметричном канале. The Methodic of computational modeling of turbulent stream in axisymmetric channel // Техника и технология. – 2010. – № 4. – С. 29–33.

7. Терехов В.В., Чумак И.А., Терехов В.В. Инновационный метод очистки воды от техногенных загрязнений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 1. – С. 186–190.

8. Инерционный насос-сепаратор. Терехов В.В., Терехов Д.В., Терехов Я.Д., Терехов В.В. Патент на изобретение RU 2785564, 08.12.2022. Заявка № 2022101522 от 24.01.2022.

9. Устройство для очистки воды в местах экологических катастроф. Терехов В.В., Черный Р.Р., Пережогин Л.А., Чумак П.В., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Патент на изобретение RU 277152, 01.08.2022. Заявка № 2021127498 от 20.08.2021.

10. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Чумак П.В. Исследование конструкции инерционного центробежного сепаратора с пространственным витым каналом // Естественные и технические науки. – 2023. – № 6 (181). – С. 236–239.

11. Устройство для очистки горюче-смазочных материалов с прямолинейными одним входным и двумя выходными каналами. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Чабров С.Е., Выскубов Е.В., Сараев И.В., Чумак П.В., Терехов В.В. Патент на полезную модель RU 227821, 07.08.2024. Заявка № 2024110541 от 16.04.2024.

References

1. Centrifugal liquid purification separator with annular channels. Terekhov V.V., Chernyi R.R., Savitsky Y.A., Chumak P.V., Kosoy V.A. Utility patent 204736 U1, 08.06.2021. Application No. 2021102923 from 08.02.2021.

2. Device for liquid purification. Chumak P.V., Terekhov V.V., Cherny R.R. Patent for utility model RU 161442 U1, 20.04.2016. Application No. 2015147679/05 dated 05.11.2015.

3. Centrifugal liquid purification separator. Terekhov V.V., Cherny R.R., Pe-rezhogin L.A. Patent for invention RU 2484877 C1, 20.06.2013. Application No. 2012109098/05 from 11.03.2012.

4. Device for liquid purification. Cherny R.R., Terekhov V.V., Ryabukhin M.I. Patent for utility model RU 116781 U1, 10.06.2012. Application № 2012101719/05 from 18.01.2012.

5. Device for liquid purification. Dokuchaev V.G., Ryabukhin M.I., Terekhov V.V. Patent for invention RU 2404839 C1, 27.11.2010. Application No. 2009121486/05 from 08.06.2009.

6. Dokuchaev V.G., Terekhov V.V. The Methodic of computational modeling of turbulent flow in axisymmetric channel. The Methodic of computational modeling of turbulent stream in axisymmetric channel // Technics and technology. – 2010. – № 4. – P. 29–33.

7. Terekhov V.V., Chumak I.A., Terekhov V.V.. Innovative method of water purification from anthropogenic pollution // Nauka. Technics. Tekhnologii (Polytechnic bulletin). – 2022. – № 1. – P. 186–190.

8. Inertial pump-separator. Terekhov V.V., Terekhov D.V., Terekhov Ya. Patent for invention RU 2785564, 08.12.2022. Application No. 2022101522 from 24.01.2022.

9. Device for water purification in places of ecological disasters. Terekhov V.V., Chernyi R.R., Perezhogin L.A., Chumak P.V., Savitsky Yu. Patent for invention RU 277152, 01.08.2022. Application No. 2021127498 from 20.08.2021.

10. Terekhov V.V., Savitskiy Yu.A., Chumak P.V. Research of the inertial centrifugal separator design with a spatial twisted channel // Natural and Technical Sciences. – 2023. – № 6 (181). – P. 236–239.

11. Device for the fuel-lubricant materials purification with rectilinear one input and two output channels. Terekhov V.V., Savitsky Y.A., Chabrov S.E., Vyskubov E.V., Saraev I.V., Chumak P.V., Terekhov V.V. Patent for useful model RU 227821, 07.08.2024. Application № 2024110541 from 16.04.2024.